

SIEMENSI KAHE ERINEVA KESKPINGE JAOTUSSEADME NXPLUSC JA 8DA VÕRDlus JA SOOVITUSED KASUTAMISEKS EESTI JAOTUSVÕRGUS

COMPARISON OF SIEMENS MEDIUM VOLTAGE SWITCHGEARS NXPLUSC AND 8DA AND RECOMMENDATIONS TO APPLY IN THE DISTRIBUTION NETWORK OF ESTONIA

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Hanna-Pia Martinson

Üliõpilaskood: 154031AAAB

Juhendaja: Toomas Vinnal, insener

Tallinn 2021

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneriplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

10. mai 2021

Autor: Hanna-Pia Martinson

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetööle esitatud nõuetele

10. mai 2021

Juhendaja: Toomas Vinnal

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

".....".....2021

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Hanna-Pia Martinson

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Siemensi kahe erineva keskpinge jaotusseadme NXPlusC ja 8DA võrdlus ja soovitused kasutamiseks Eesti jaotusvõrgus,

mille juhendaja on Toomas Vinnal,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

18.05.2021

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE

Autor: Hanna-Pia Martinson

Lõputöö liik: Bakalaureusetöö

Töö pealkiri: Siemensi kahe erineva keskpinge jaotusseadme NXPlusC ja 8DA võrdlus ja soovitused kasutamiseks Eesti jaotusvõrgus

Kuupäev:
10.05.2021

44 lk (*lõputöö lehekülgede arv koos lisadega*)

Ülikool: Tallinna Tehnikaülikool

Teaduskond: Inseneriteaduskond

Instituut: Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

Töö juhendaja(d): insener Toomas Vinnal

Sisu kirjeldus:

Antud bakalaureusetöoga antakse ülevaade Siemensi keskpinge jaotusseadmetest NXPlusC ja 8DA. Töö eesmärk on kirjeldada seadmete ehitust ja tööpõhimõtteid, paigaldusprotsesse ning anda soovitusi jaotusseadmete kasutamiseks Eesti jaotusvõrgus. Lõputöö tulemusena jõuti järeldusele, et Eesti jaotusvõrgus on otstarbekam jaotusseadme NXPlusC kasutamine. Töö on koostatud erialaste kirjandusallikate, jaotusseadmete paigaldusjuhendite ja spetsialisti intervjuu põhjal.

Märksõnad: jaotusseadmed, Siemens, NXPlusC, 8DA, jaotusvõrk, bakalaureusetöö

ABSTRACT

| | |
|--|--|
| <p><i>Author:</i> Hanna-Pia Martinson</p> <p><i>Title:</i> Comparison of Siemens medium voltage switchgears NXPlusC and 8DA and recommendations to apply in the distribution network of Estonia</p> <p><i>Date:</i> 10.05.2021</p> | <p><i>Type of the work:</i> Bachelor Thesis</p> <p><i>44 pages (the number of thesis pages including appendices)</i></p> |
| <p><i>University:</i> Tallinn University of Technology</p> <p><i>School:</i> School of Engineering</p> <p><i>Department:</i> Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics</p> | |
| <p><i>Supervisor(s) of the thesis:</i> Engineer Toomas Vinnal</p> | |
| <p><i>Abstract:</i></p> <p>This bachelor thesis gives an overview of Siemens' medium voltage switchgears NXPlusC and 8DA. The aim of the thesis is to describe the construction and working principles of the switchgears, installation processes and to give recommendations for the use of switchgears in the distribution network of Estonia. As a result of the bachelor thesis it was concluded that it is more efficient to use NXPlusC in the distribution network of Estonia. The thesis is compiled on the basis of professional literature sources, switchgear installation instructions and a specialist interview.</p> | |
| <p><i>Keywords:</i> switchgears, Siemens, NXPlusC, 8DA, distribution network, bachelor thesis</p> | |

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

| | |
|-------------------------------|---|
| Lõputöö teema: | Siemensi kahe erineva keskpinge jaotusseadme NXPlusC ja 8DA võrdlus ja soovitused kasutamiseks Eesti jaotusvõrgus |
| Lõputöö teema inglise keeles: | Comparison of Siemens medium voltage switchgears NXPlusC and 8DA and recommendations to apply in the distribution network of Estonia |
| Üliõpilane: | Hanna-Pia Martinson, 154031AAAB |
| Eriala: | elektrotehnika |
| Lõputöö liik: | bakalaureusetöö |
| Lõputöö juhendaja: | Toomas Vinnal |
| Lõputöö ülesande kehtivusaeg: | 31.08.2021 |
| Lõputöö esitamise tähtaeg: | 18.05.2021 |

Üliõpilane (allkiri)

Juhendaja (allkiri)

Õppekava juht (allkiri)

Kaasjuhendaja (allkiri)

1. Teema põhjendus

Eesti keskpinge jaotusvõrgus on kasutusel suur hulk jaotusseadmeid. Suur osa neist on nii füüsiliselt kui ka moraalselt vananenud ja vahetatakse järk-järgult välja uute vastu. Uute jaotusseadmete valikul on oluline piisavalt täpne ülevaade jaotusseadmete omadustest ja võimalustest paigaldamisel, seadistamisel ja kasutamisel.

Kuna mõlemad töös käsitletavat seadmed on Siemensi keskpinge jaotusseadmed, siis millistel juhtudel peaks eelistama üht teisele? Töö annab ülevaate, millised on keskpinge jaotusseadmete NXPlusC ja 8DA omadused, eelised ja puudused ning kui palju on neid Eesti elektrivõrgus kasutusel. Selle töö tulemused võivad huvi pakkuda jaotusseadmete kasutajatele (võrguettevõtetele), kes planeerivad alajaama ehitust või rekonstrueerimist. Samuti võib töö tulemus huvi pakkuda Siemensile kui jaotusseadmete tootjale.

2. Töö eesmärk

Töö eesmärgiks on uurida kahe erineva Siemensi keskpinge jaotusseadme NXPlusC ja 8DA omadusi paigaldamisel ja kasutamisel Eesti keskpinge jaotusvõrgus. Kuna mõlemad uuritavad seadmed on keskpinge jaotusseadmed, siis millal peaks eelistama üht teisele, millised on nende plussid ja miinused ning millised on Eesti keskpinge jaotusvõrgu vajadused.

3. Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

1. Millest sõltub keskpinge jaotusseadme valik?
2. Millised on kahe erineva jaotusseadme plussid ja miinused paigaldamisel, seadistamisel ja kasutamisel?
3. Kumba jaotusseadet peaks eelistama Eesti jaotusvõrgus?
4. Millised on erinevused (keerukus) paigaldamisel ning kas need võiksid mõjutada jaotusseadme valikut?

4. Lähteandmed

1. Lähteandmed jaotusseadmete kohta saan Siemensilt (paigaldusjuhendid, paigaldajate ja kasutajate kogemused).
2. Erialane kirjandus keskpinge jaotusseadmetest ja elektrivõrkudest.

5. Uurimismeetodid

Vaatlused jaotusseadmete paigaldamisel ja kasutamisel (olen mõlema jaotusseadme paigaldamisel osalenud), intervjuu (paigaldajate/kasutajate kogemused), hinnangud avariilukordadele, kirjanduse analüüs.

6. Graafiline osa

1. Mõlemat jaotusseadet illustreerivad skeemid/joonised
2. Tabelid jaotusseadmete andmetega. Jaotusseadmeid võrdlevad tabelid.

7. Töö struktuur

1. Sissejuhatus
2. Probleemid/põhjendused
3. Eesmärk
4. Uurimismeetodid
5. Analüüs

6. Tulemused/järeldused/soovitused jaotusvõrgu ettevõtetele
7. Kokkuvõte

8. Kasutatud kirjanduse allikad

1. Jaotusseadmete paigaldusjuhendid
2. Jaotusseadmeid tutvustavad brošüürid
3. Intervjuud/küsitlused töökaaslastega, kellel on jaotusseadmete paigaldamise ja seadistamise/kasutamise pikaajaline kogemus
4. Jaotusseadmete koolitusmaterjalid
5. Kaitsereleede manuaalid
6. Erialane kirjandus

9. Lõputöö konsultandid

Siemensi jaotusseadmete paigaldusspetsialist Martin Kristjankroon.

10. Töö etapid ja ajakava

1. November/detsember 2020 – jaotusseadme NXPlusC materjali läbitöötamine. Saadan juhendajale tutvumiseks.
2. Detsember 2020/jaanuar 2021 – jaotusseadme 8DA materjali läbitöötamine. Saadan juhendajale tutvumiseks.
3. Jaanuar/veebruar 2021 – kaitsereleede materjali läbitöötamine. Saadan juhendajale tutvumiseks.
4. Märts 2021 – Sissejuhatus, analüüs ja kokkuvõte. Saadan juhendajale tutvumiseks.
5. Aprill 2021 – vormistamine. Saadan juhendajale tutvumiseks.
6. 18. mai 2021 – lõputöö esitamine.

SISUKORD

| | |
|---|----|
| LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE | 4 |
| ABSTRACT | 5 |
| LÕPUTÖÖ ÜLESANNE | 6 |
| SISSEJUHATUS | 10 |
| 1 KESKPINGE JAOTUSSEADE NXPLUSC | 12 |
| 1.1 Jaotusseadme NXPlusC komponendid | 13 |
| 1.2 Jaotusseadme NXPlusC paigaldus..... | 17 |
| 2 KESKPINGE JAOTUSSEADE 8DA..... | 22 |
| 2.1 Jaotusseadme 8DA komponendid | 23 |
| 2.2 Jaotusseadme 8DA paigaldus..... | 25 |
| 3 ELEGAAS JA ALTERNATIIVGAASID | 30 |
| 4 KESKPINGE JAOTUSSEADMETE NXPLUSC JA 8DA PAIGALDAMISE VÕRDLUS..... | 32 |
| 5 KESKPINGE JAOTUSSEADMED NXPLUSC JA 8DA EESTI JAOTUSVÕRGUS..... | 36 |
| KOKKUVÕTE | 39 |
| SUMMARY..... | 41 |
| KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU | 43 |

SISSEJUHATUS

Elekter on tänapäeva lahutamatu osa. Selleks, et kvaliteetne elektrienergia tarbijani jõuaks, on vaja hoolikalt läbimõeldud elektrivõrku. Tarbija elektrivarustuskindluse tagamiseks on vajalik elektrisüsteemide järjepidev ajakohastamine – renoveeritakse elektrijaamasid, elektri ülekandeliine ja alajaamasid. Viimastel aastatel on selleks tehtud suuri investeeringuid.

Elektrit toodetakse elektrijaamades, kantakse üle eemal paiknevatesse tarbimispiirkondadesse kõrgepingeülekandevõrkude kaudu ning jaotatakse tarbijatele kesk- ja madalpingejaotusvõrkude abil. Tarbitava elektri varustuskindlus ja kvaliteet kujuneb välja peamiselt jaotusvõrkudes. Jaotusvõrkude osakaal on suur: Eesti jaotusvõrkude liinide kogupikkus ületab 60 000 km, alajaamade arv on ligikaudu 20 000 ja tarbijaid 500 000 [1].

Alajaam on ettenähtud elektrienergia muundamiseks ja jaotamiseks. See on elektrivõrgu osa, mis koosneb sisenevatest ja väljuvatest elektriliinidest, lülitusseadmetest, trafodest, juhtimisahelatest ning hoonetest. Suuremate alajaamade põhikomponentideks on trafod, mille ülem- ja alampinge poolel on jaotusseadmed. Jaotusseade hõlmab lülitusseadmeid koos nende juurde kuuluvate juhtimis-, mõõte-, kaitse- ja reguleerimisseadmetega, mida on vaja elektriliste ahelate kaitseks, lülitamiseks ja lahutamisteks [2].

Jaotusseadmeid on väga erinevaid ning nende valikul arvestatakse etteantud parameetreid. Tuntumateks keskpinge jaotusseadmete tootjateks on ABB, Schneider Electric, General Electric, Siemens ja Eaton. Antud bakalaureusetöö annab ülevaate Siemensi keskpinge jaotusseadmetest NXPlusC ja 8DA, mis on ühed enim müüdud Siemensi jaotusseadmed. Alates aastast 1994 on toodetud enam kui 122 700 NXPlusC paneeli [3]. Jaotusseadme 8DA tootmist alustati aastal 1982 ning praeguseks on toodetud rohkem kui 115 000 paneeli [7]. Kuna tegemist on kahe enim müüdud Siemensi keskpinge jaotusseadmega, siis töö eesmärgiks on leida põhjuseid ja seoseid, miks ja millistes tingimustes peaks Eesti jaotusvõrgus eelistama üht seadet teisele. Teiseks teema valiku aspektiks on autori Siemensi keskpinge jaotusseadmete NXPlusC ja 8DA paigaldamise kogemus, mis lisab tööle ka praktilise vaatenurga.

Lõputöö esimene peatükk annab ülevaate keskpinge jaotusseadme NXPlusC. Selles osas kirjeldatakse jaotusseadme ehitust, komponente ja paigaldamist.

Teine peatükk kirjeldab jaotusseadet 8DA. Peatükk annab kokkuvõtliku ülevaate seadme ehitusest, komponentidest ja paigaldamisest.

Lõputöö kolmanda peatüki eesmärk on tutvustada elegaasi ja selle keskkonnasäästlikumaid alternatiive. Peatükk annab lühidalt ülevaate tänapäevastest arengusuundadest isoleergaaside valdkonnas.

Neljas peatükk võrdleb jaotusseadmete NXPlusC ja 8DA paigaldamist. Peatükk, mis on kirjutatud paigaldusspetsialistiga läbi viidud intervjuu põhjal, kirjeldab kahe seadme paigaldamist ja sellest tulenevaid eripärasid.

Lõputöö viies peatükk annab ülevaate Eesti elektrivõrgust ning kasutuses olevatest NXPlusC ja 8DA jaotusseadmetest. Selles peatükis tuuakse välja kahe käsitletud keskpinge jaotusseadme peamised sarnasused ja erinevused ning soovitused kasutamiseks.

Teemakohasteks allikateks on Siemensi keskpinge jaotusseadmete paigaldusjuhendid, erialane kirjandus, intervjuu eriala spetsialistiga ja töökogemus. Lõputöö koostamisel kasutati MS Word ja Exceli tarkvara.

1 KESKPINGE JAOTUSSEADE NXPLUSC

Jaotusseade NXPlusC on sisetingimustesse mõeldud seade, millel on isoleermaterjaliga kaetud vasest kogumislattist ja elegaasikambris asuvad fikseeritud võimsuslüüti ning kolmepositsiooniline lüüti [3]. Jaotusseade koosneb erineva funktsionaalsusega metallist paneelidest, milledest moodustatakse vastavalt vajadusele terviklik jaotla. Paneelid on omavahel ühendatud kogumislattistusega, mis sõltuvalt lattistuse voolust võib olla ühe- või kahekordse ehitusega. Kahekordse lattistusega seadet kasutatakse, kui lattistuse nimivool on suurem kui 1250 A. Kõrgema töökindluse tagamiseks on loodud kahesüsteemse lattistusega NXPlusC jaotusseade, kuid kuna tegemist on harvaesineva modifikatsiooniga, siis antud töös seda ei käsitleta.

Tabel 1.1 Jaotusseadme NXPlusC tehnilised andmed [3]

| Nimipinge, kV | 7,2 | 12 | 15 | 17,5 | 24 | 27 | 36 |
|---|--|--|--|--|--|----------------------------|----------------------------|
| Kogumislattistuse nimivool, A | 1250 1600 2000 2500 | 1250 1600 2000 2500 | 1250 1600 2000 2500 | 1250 1600 2000 2500 | 1250 1600 2000 2500 | 1250 | 1250 |
| Fiidri nimivool, A | 630 800 1000 1250 1600 2000 2500 | 630 800 1000 1250 1600 2000 2500 | 630 800 1000 1250 1600 2000 2500 | 630 800 1000 1250 1600 2000 2500 | 630 800 1000 1250 1600 2000 2500 | 630 800 1000 1250 | 630 800 1000 1250 |
| Terminiline normtaluvusvool (3s), kA | 31,5 | 31,5 | 31,5 | 31,5 | 25 | 25 | 25 |
| Dünaamiline normtaluvusvool, kA | 80 | 80 | 80 | 80 | 63 | 63 | 63 |
| Normitud välguimpulssstaluvuspinge, kV | 60 | 75 | 95 | 95 | 125 | 150 | 170 |
| Pikkus, mm | 1225 | 1225 | 1225 | 1225 | 1225 | 1225 | 1225 |
| Laius, mm | 450 600 900 | 450 600 900 | 450 600 900 | 450 600 900 | 450 600 900 | 600 900 | 600 900 |
| Kõrgus, mm | 2250 | 2250 | 2250 | 2250 | 2250 | 2250 | 2250 |

Tabelis 1.1 on esitatud erinevate nimipingetega jaotusseadme NXPlusC parameetrid. Sellest tabelist järeldub, et maksimaalse nimipingega NXPlusC puhul ei saavutata kõrgeimat kogumislattistuse ja fiidri nimivoolu ega terminist normtaluvusvoolu.

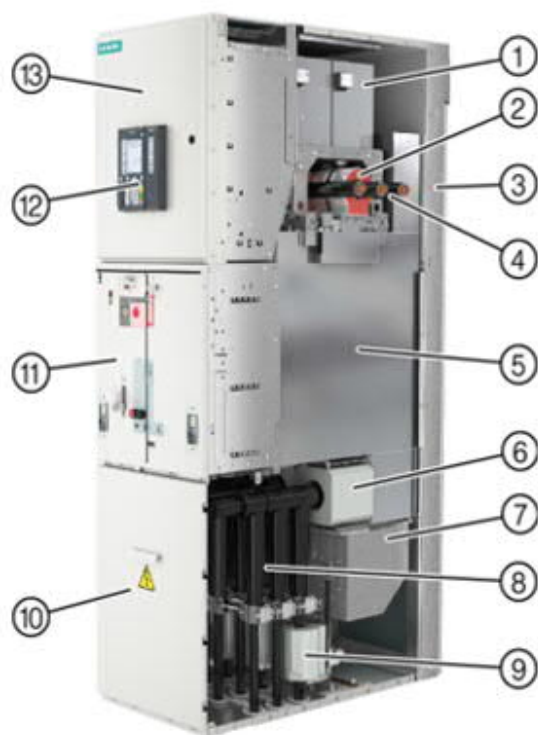
Jaotusseadet NXPlusC kasutatakse põhiliselt elektriijaamades, trafoalajaamades, tööstusettevõtetes ja avamere tuuleparkides. Avamere tuuleparkide jaoks on

spetsiaalselt projekteeritud mudel NXPlusC Wind. See erineb algupärasest NXPlusC-st mõõtude poolest ja valikus on vaid ühekordne latistus. Lisaks on seoses rangemate keskkonnanõuetega turule toodud jaotusseadme elegaasivaba versioon NXPlusC 24 – blue GIS (ingl k *gas-insulated switchgear*). Selle jaotusseadme kolmepositsioonilise lüliti ja võimsuslüliti isoleerimiseks ei kasutata elegaasi, vaid sünteetilist õhku, mille GWP (ingl k *Global Warming Potential*) on 0. Elegaasi GWP on seevastu 22 800. NXPlusC 24 – blue GIS eeliseks on keskkonnasõbralikkus, kuid puuduseks on väiksem pingeklass, kogumislattide nimivool ja termiline normtaluvusvool.

Jaotusseadme NXPlusC positiivsed omadused on kompaktsus, töökindlus, hooldusvaba ehitus ja ohutu konstruktsioon. Jaotusseadme eeldatav kasutusaeg normaaltingimustes on vähemalt 35 aastat, parimal juhul 40-50 aastat [3].

1.1 Jaotusseadme NXPlusC komponendid

Allpool oleval joonisel 1.1 on jaotusseadme NXPlusC paneel, millel on viidatud selle peamistele komponentidele. Kõik järgnevad jaotusseadet kirjeldavad joonised on jaotusseadme NXPlusC paigaldusjuhendist.



1. Kogumislattide pingetrafo
2. Kogumislattide voolutrafo
3. Ülerõhukanal
4. Kogumislattid
5. Kolmepositsioonilise lüliti ja võimsuslüliti gaasikamber
6. Väljund-/sisendkaabli voolutrafo
7. Väljud-/sisendkaabli pingetrafo
8. Fiidri kaablid nurkpistikutega
9. Maaühendusvoolutrafo
10. Kaabliruumi kate
11. Ühejooneskeemiga esipaneeli kate
12. Fiidriterminal
13. Fiidriterminali kapp

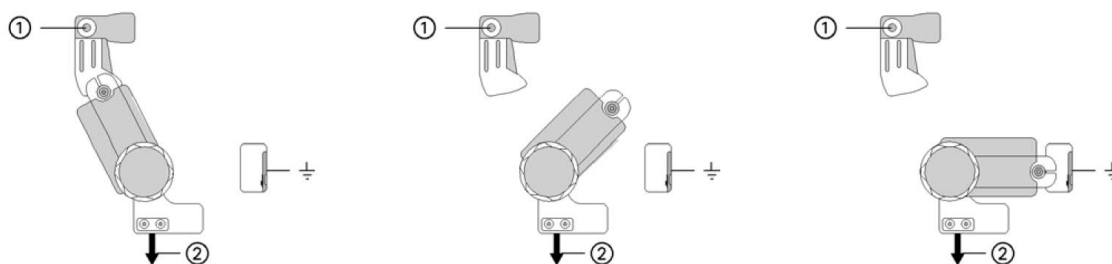
Joonis 1.1 Jaotusseadme NXPlusC paneel [4]

Võimsuslüliti. Võimsuslüliti on seade, mis on võimeline sisse ja välja lülitama nii elektri ahela normaal- kui ka anomaaltalitlusvoolu. Võimsuslüliti ülesanne on ahela lahutamisel tekkiv elektrikaar kustutada [2]. Nad peavad olema kiired, taluma lühisvoolu termilist ja elektrodünaamilist toimet, ennekõike aga olema võimelised lahutama lühisvoolu [1]. Võimsuslüliteid saab põhitüüpide järgi jaotada õilülititeks, õlivaeseteks lülititeks, suruõhklülititeks, elegaaslülititeks ja vaakumlülititeks [2]. Jaotusseadme NXPlusC paneelides kasutatakse vaakumvõimsuslülitit. Sõltuvalt etteantud tehnilistest tingimustest on võimalik valida kahe võimsuslüliti tüübi vahel, mis on esitatud tabelis 1.2.

Tabel 1.2 Jaotuseadme NXPlusC võimsuslülitite nimiväärtused [5]

| Parameetrid | 3AH25 | 3AH55 |
|--|--------|---------|
| Nimivool, A | ≥ 1250 | ≥ 2500 |
| Termiline normtaluvusvool, kA | 31,5 | 25/31,5 |
| Lülimistsüklite arv | 30 000 | 10 000 |
| Maksimaalne lühisvoolu lülitamiste arv | 50 | 50 |
| Sisselülimisegaeg, ms | 75 | 75 |
| Väljalülimisegaeg, ms | 65 | 65 |

Kolmepositsiooniline lüliti. Fiidri kaitselahutamiseks ja maandamiseks kasutatakse ühisajamiga kolmepositsioonilist lülitit. Fiidri maandamine toimub läbi võimsuslüliti, mis tähendab, et maanduslüliti ja võimsuslüliti on mõlemad sisselülitatud asendis [1]. Joonisel 1.2 on näidatud kolmepositsioonilise lüliti erinevaid asendeid.

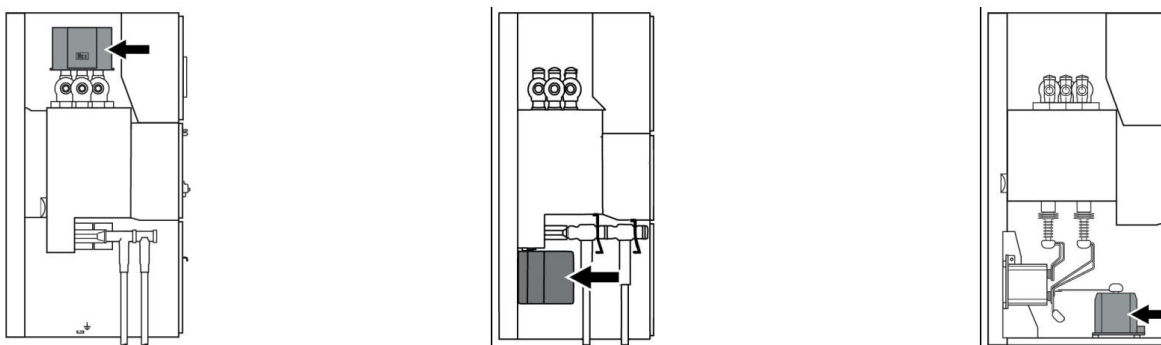


1. Ühendus kogumislatile
2. Ühendus võimsuslülitile või kaablitele

Joonis 1.2 Kolmepositsioonilise lüliti erinevad asendid

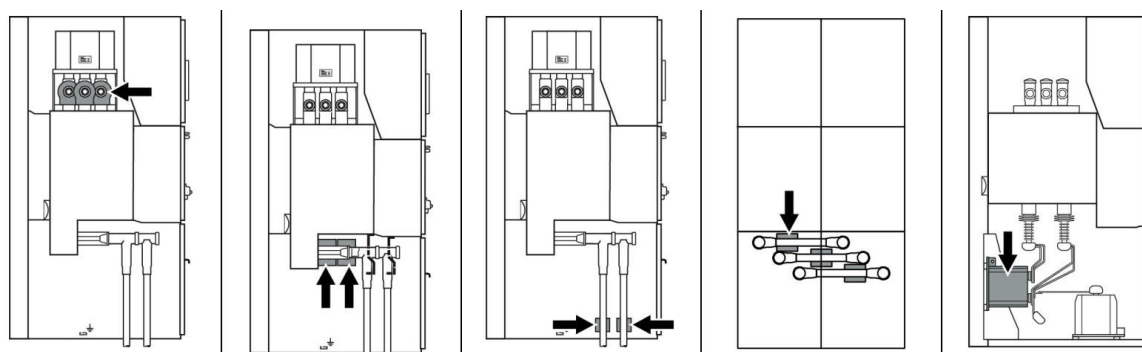
Pinge- ja voolutrafod. Pinge- ja voolutrafode ülesanne on vähendada voolu ja pinget väärtusi mõõteandmeid kasutavate seadmete tarvis ning eraldada primaarahel sekundaarahelast. Mõõteanduritest saadud väärtusi kasutatakse releekaitse-, mõõte- ja juhtimisseadmete tarvis. Voolutrafo nimisekundaarvooluks on IEC-standardi kohaselt 1 A või 5 A. Pingetrafo nimisekundaarpingena kasutatakse Eestis IEC-standardi kohaselt 100 V ja 200 V [1].

Pingetrafo võivad paneelis paikneda latistusel, väljuva/siseneva fiidri kaabliühendusel või mõõtepaneelil. Järgneval joonisel 1.3 on kujutatud pingetrafo erinevaid asukohti.



Joonis 1.3 Pingetrafoode paiknemine jaotusseadme NXPlusC paneelides [4]

Jaotusseadme NXPlusC paneelides võib voolutrafo asuda latistusel, fiidril, väljuva/siseneva fiidri kaabliühendusel, paneelidevahelisel ühendusel või mõõtepaneelil. Joonisel 1.4 on näidatud voolutrafoode erinevad asukohad.



Joonis 1.4 Voolutrafoode paiknemine jaotusseadme NXPlusC paneelides [4]

Kogumislatis. Kogumislatis on silikooniga isoleeritud puutekindel vaskjuht, mis ühendab omavahel erinevaid paneele. Kogumislati väliskest on maandatud vastu paneeli korpust. Olenevalt jaotusseadme latistuse nimivoolust kasutatakse ühe- või kahekordset lahendust. Ühekordne kogumislatis on kasutusel kuni nimivooluni 1250 A. Sellest suuremate nimivoolude korral kasutatakse kahekordset latistust.

Kaabliühendus. Paneeli alaosas asub primaarkaablitele mõeldud kaabliruum, kus on läbiviigid kaabli lõpumuhvidele. Jaotusseadme primaarkaablite ühendamisel on lubatud kasutada ainult ekraneeritud T-kujulisi lõpumuhve, mille väline kiht on elektriliselt juhtivast materjalist. Väline kiht tuleb kindlasti maandada. T-kujulised lõpumuhvid eespool mainitud juhtiva kihita on keelatud, kuna tekib osalahendus, mis rikub lõpumuhvi.



Joonis 1.5 Kaabliühendused jaotusseadme NXPlusC kaabliruumis [4]

Fiidriterminal. Alajaama automaatikasüsteemi kuuluvad mikroprotsessoripõhised jälgimis-, juhtimis- ja kaitseseadmed. Ühtsesse kompleksi integreerituna moodustavad need alajaama kohtterminalid, milles on üks või mitu mikroprotsessorit, fikseeritud andmestruktuur, mitu sideporti ja kasutajaliides. Fiidrikohaseid kohtterminalid nimetatakse fiidriterminalideks. Alajaama kohtterminalid saadavad oleku- ja mõõteandmed kohtvõrku ja sealt siderserveri või kaugterminali vahendusel dispetšisüsteemi, millest sama teed mööda saavad juhtimiskorraldused [2].

Nii NXPlusC kui 8DA jaotusseadme paneelid saab varustada erinevate tootjate fiidriterminalidega. Enamikel Eestisse tarnitud Siemensi jaotuseadmetel kasutatakse Siemensi fiidriterminali SIPROTEC.

1.2 Jaotusseadme NXPlusC paigaldus

Jaotusseadme NXPlusC paneelid valmistatakse Saksamaal, kust nad transporditakse sihtkohta veoautodega. Transpordi ajaks on paneelid kinnitatud puitalustele ja kiletatud. Pärast kambrite veokist mahalaadimist tuleb puitalused eemaldada ja paneelid jaotlaruumi tõsta. Fotel 1.1 on jaotusseadme paneelid pärast veoautost maha laadimist.



Foto 1.1 Jaotusseadme NXPlusC paneelid puitalustel

Enne jaotusseadme paigaldust tuleb hoones tähelepanu pöörata järgmistele punktidele:

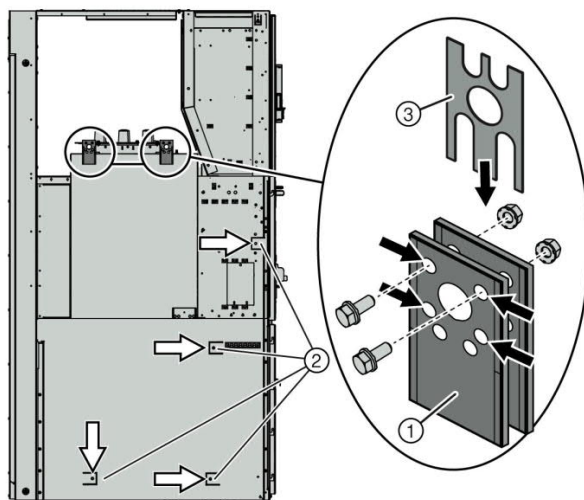
1. Jaotlaruumi, uste ja alusraami mõõdud
2. Transporditeed jaotlaruumi
3. Vajalik vaba pind kambrite ajutiseks hoiustamiseks
4. Põranda konstruktsioon ja tugevus
5. Ruumi valgustus, küte, elektri- ja veetoide
6. Kõrgepingekaablite paigutus
7. Maandussüsteem
8. Ruumi puhtus prahist ja tolmust

Jaotlaruumi transporditakse kambrid fotol 1.2 näidatud spetsiaalsetel transpordikärudel alusraamile paigaldamise järjekorras. Sõltuvalt olukorrast ei pruugi kõik kambrid korraka alusraamile mahtuda ning võib tekkida vajadus mõned neist ajutiselt mujale paigutada.



Foto 1.2 Jaotusseadme NXPlusC paneel transpordikärul

Paneelide paigaldamisel on oluline, et need ühendatakse omavahel kokku mehaaniliste pingeteta. Selleks peab alusraam, kuhu paneelid toetuvad, olema võimalikult loodis. Lubatav kõrvalekalle on 1 mm/m kohta ja 2 mm kogu jaotlarivi pikkuse kohta [5]. Paneelide omavahelised ühendused kontrollitakse vastava šablooni või kogumislati abil. Vajadusel saab vahesid korrigeerida spetsiaalsete vaheplaatidega. Kõrvuti olevad paneelid liidetakse omavahel joonisel 1.6 näidatud kinnituskõrvade ja esiservade abil. Kui paneelid on omavahel ühendatud, tuleb need poltidega ka alusraamile kinnitada. Viimase sammuna ühendatakse kambrid omavahel vasest maanduslatiga, mis on omakorda ühendatud välise maanduskontuuriga.

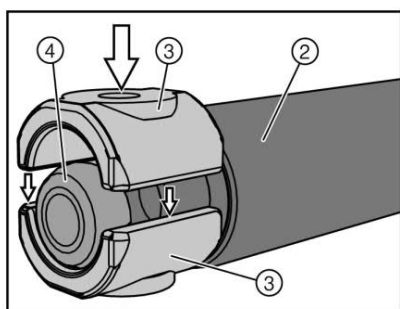


1. Gaasikambri kinnituskõrv
2. Paneeli korpuse kinnituskõrv
3. Vaheplaat

Joonis 1.6 Jaotusseadme NXPlusC paneeli külgvaade [5]

Pärast kambrite nõuetekohast omavahelist mehaanilist liitmist algab kogumislattistuse paigaldamine. See töö nõuab suurt hoolsust ja puhtust. Samaaegselt ei tohi jaotlaruumis teha töid, mis võivad tekitada prahti ja tolmu. Enne lattistuse paigaldamist ja ka selle käigus tuleb hoolikalt kontrollida kambrite läbiviike, kogumislattide ja silikoonmuhve. Kasutada tohib ainult tehase poolt tarnitud materjale.

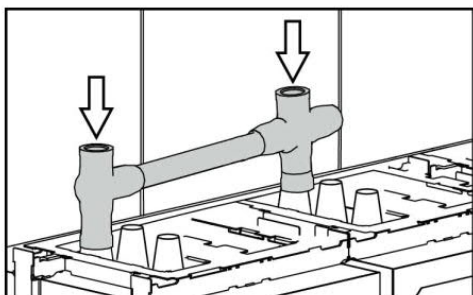
Kahte kambrit ühendav latimoodul koosneb kogumislattist, silikoonmuhvist ja poolringikujulistest kontaktühendustest. Esimese ja viimase kambri latimoodulisse kuulub ka lõpulitter, mis aitab säilitada kontaktühenduste kuju imiteerides kogumislatti vasest südamikku. Kogumislatti ja silikoonmuhvi ühendamiseks puhastatakse esmalt latti vasest ots oksiidist ja lisatakse sellele poolringikujulised kontaktühendused, mida on kujutatud joonisel 1.7. Seejärel kaetakse silikoonmuhvi sisepinnad ja osa kogumislattist paigaldusmäärdega ning ühendatakse omavahel.



- 2. Kogumislatt
- 3. Kontaktühendused
- 4. Lõpulitter

Joonis 1.7 Kogumislatt kontaktühenduste ja lõpulitriga [5]

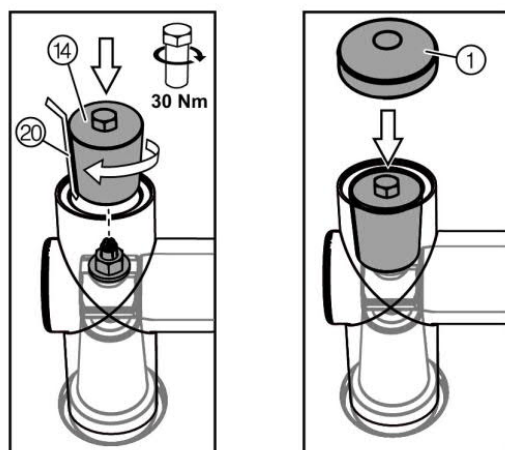
Kui latimoodul on ettevalmistatud, kaetakse ka läbiviigid määrdega. Seejärel lükatakse latimoodul joonisel 1.8 näidatud viisil läbiviikudele keeratud tikkpoltidele. Juhul kui kogumislatti vool on suurem kui 1250 A, paigaldatakse esimesele kogumislatti korrusele lisaks veel teine korrus.



Joonis 1.8 Latimooduli paigaldamine

Pärast kogumislattide montaaži pannakse tikkpoltidele seibid ja mutrid. Nende pingutamisega tõmmatakse poolringikujulised kontaktühendused lati vasest otsa ümber kokku ja vastu läbiviiku. Sellega saavutatakse nõuetekohane kontaktühendus lattide ja läbiviigu vahel.

Kui latimoodulid on paigaldatud ja mutrid pingutatud, keeratakse muhvi ülaosas olevasse avasse isoleermaterjalist kooniline kork, mille eesmärk on isoleerida elektrilise potentsiaaliga metallist detaile. Selle jaoks puhastatakse ja määratakse nii silikoonmuhvi ava kui ka isoleerkork paigaldusmäärdega. Korgi keeramisel tuleb kasutada näiteks kaablivitsa, mis asetatakse keeratava korgi ja muhvi vahele. Tänu sellele pressib kork sissekeeramisel välja üleliigse õhu ja määrde. Seejärel asetatakse muhvi peale silikoonist kate. Kirjeldatud detailid on näidatud joonisel 1.9.



1. Silikoonist kate
14. Isoleermaterjalist kork
20. Kaablivits

Joonis 1.9 Isoleermaterjalist korgi paigaldamine [5]

Pärast latimoodulite ja isoleerkorkide montaaži ühendatakse silikoonmuhvide maandusjuhtmed seadme korpusega, mis on maandatud. Selleks paiknevad korpusel spetsiaalsed tikkpoldid või avad isekeermestavatele kruvidele.

Kui kogumislattistus on paigaldatud, tehakse lõplik kontroll ja latikambri puhastus. Seejärel monteeritakse tagasi kambrite kaaned, mis on näidatud fotol 1.3.



Foto 1.3 Jaotusseadme NXPlusC latikambri kaaned

2 KESKPINGE JAOTUSSEADE 8DA

Jaotusseade 8DA on sisetingimustesse mõeldud seade, millel on elegaasikambris paiknev fikseeritud võimsuslülit ja silindrikujulises gaasiruumis asuvad kolmepositsiooniline lülit ning kogumislattistus [6]. Jaotusseade komplekteeritakse erineva ehitusega paneelidest, milledest moodustatakse vastavalt vajadusele terviklik jaotla. Paneelid on omavahel ühendatud vasest kogumislattidega, mille suurus ja kuju sõltub jaotusseadme lattistuse nimivoolust.

Jaotusseade 8DA on ühesüsteemse lattistusega ehk kõik kolm faasi paiknevad eraldi kõrvuti asetsevates gaasikambrites. Kõrgema töökindluse tagamiseks kasutatakse kahesüsteemse lattistusega jaotusseadet 8DB, mille puhul paiknevad kõrvuti kuus faasi ja gaasikambrit. Antud töös käsitletakse põhjalikumalt jaotusseadet 8DA. Tabelis 2.1 on esitatud jaotusseadme 8DA tehnilised andmed.

Tabel 2.1 Jaotusseadme 8DA tehnilised andmed [6]

| Nimipinge, kV | 4,76 | 8,25 | 15 | 27 | 38 | 40,5 |
|--|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| Kogumislattistuse nimivool, A | 1250 | 1250 | 1250 | 1250 | 1250 | 1250 |
| | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 |
| | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 |
| | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 |
| | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 |
| Fiidri nimivool, A | 1250 | 1250 | 1250 | 1250 | 1250 | 1250 |
| | 1600 | 1600 | 1600 | 1600 | 1600 | 1600 |
| | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 |
| | 2700 | 2700 | 2700 | 2700 | 2700 | 2700 |
| | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 |
| Termiline normtaluvusvool (3 s), kA | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Dünaamiline normtaluvusvool, kA | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 |
| Normitud välguimpulsstaluvuspinge, kV | 60 | 95 | 95 | 125 | 200 | 200 |
| Pikkus, mm | 1625 | 1625 | 1625 | 1625 | 1625 | 1625 |
| Laius, mm | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Kõrgus, mm | 2350 | 2350 | 2350 | 2350 | 2350 | 2350 |

Jaotusseadet 8DA kasutatakse põhiliselt elektrijaamades ja suurtööstuses (naftatööstus, raudtee elektrivõrgud, kaevandused, paberitööstus, autotööstus, metallitööstus) [7]. Seoses rangemate keskkonnanõuetega on turule toodud 8DAB 12 – blue GIS, milles on algupäraselt gaasikambrites olev elegaas asendatud sünteetilise

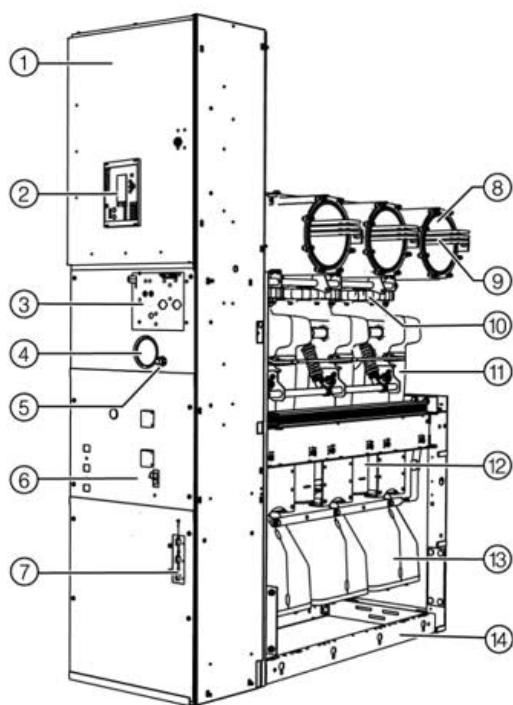
õhuga. Kuigi tegemist on keskkonnasõbralikuma lahendusega, on selle seadme puuduseks madal nimipinge ja kogumislattistuse nimivool.

Jaotusseadme 8DA positiivsed omadused on kahesüsteemse laticuse võimalus, mis tagab suure töökindluse, suur laticuse ja fiidri nimivool, hooldusvaba ehitus ning ohutu konstruktsioon. Jaotusseadme eeldatav kasutusaeg normaaltingimustes on vähemalt 35 aastat, parimal juhul 40-50 aastat [7].

2.1 Jaotusseadme 8DA komponendid

Allpool oleval joonisel 2.1 on jaotusseadme 8DA paneel, millel on viidatud selle peamistele komponentidele. Kõik järgnevad jaotusseadet kirjeldavad joonised on jaotusseadme 8DA paigaldusjuhendist.

Kuna jaotusseadmete NXPlusC ja 8DA võimsuslüliti, fiidriterminali ning voolu- ja pingetrafode tööpõhimõtted ühtivad ning erinevus seisneb vaid konstruktsioonis, siis antud peatükis neid komponente uuesti ei käsitleta.

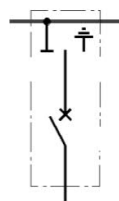
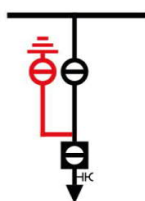
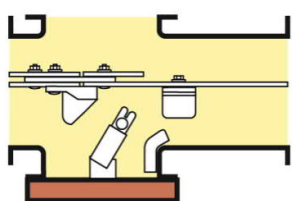


1. Fiidriterminali kapp
2. Fiidriterminal
3. Kolmepositsioonilise lüliti ajam
4. Võimsuslüliti gaasimanomeeter
5. Gaasi täiteventiil
6. Võimsuslüliti ajam
7. Mahtuvuslikud pingeindikaatorid
8. Gaasiruum
9. Kogumislattistuse
10. Võimsuslüliti keraamiline läbiviik
11. Gaasitoru
12. Võimsuslüliti korpus
13. Voolutrafod ja sisekoonused kaabli ning pingepiirikute ühendustele
14. Paneeli alusraam

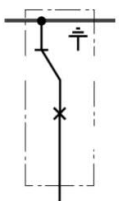
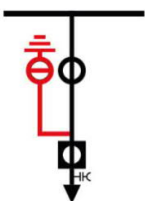
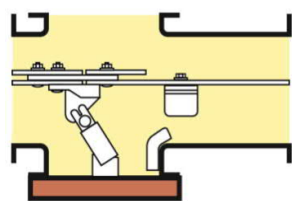
Joonis 2.1 Jaotusseadme 8DA paneel [6]

Kolmepositsiooniline lüliti. Jaotusseadme 8DA kolmepositsiooniline lüliti on nn kombineeritud lüliti, mis omab nii lahk- kui maanduslüliti funktsiooni. Erinevalt NXPlusC-st on 8DA kolmepositsiooniline lüliti ette nähtud ainult koormusvooluta lülimiseks.

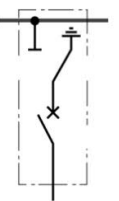
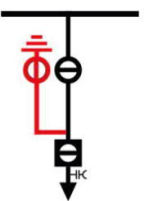
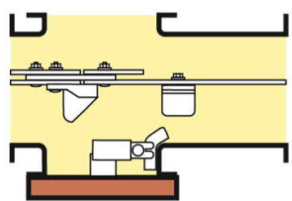
Kolmepositsioonilisel lülitil on kolm asendi võimalust – avatud, suletud ja maandatud. Kuna väljuva kaabli maandamine käib läbi võimsuslüliti, siis neljanda variandina on võimalik olukord, kus kolmepositsiooniline lüliti on maandatud, kuid võimsuslüliti on avatud või suletud. Joonisel 2.2 on seadme esipaneeli indikatsioonid ja põhimõttelised skeemid kolmepositsioonilise lülitite erinevate asendite korral.



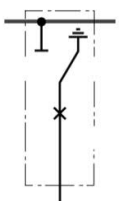
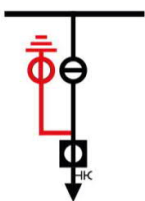
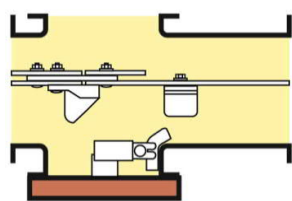
Kolmepositsioonilise lüliti lahk- ja maanduslüliti on avatud.



Kolmepositsioonilise lüliti lahklüliti on suletud ja maanduslüliti on avatud.



Kolmepositsioonilise lüliti maanduslüliti on suletud ja lahklüliti avatud. Võimsuslüliti on avatud asendis ja väljund on maandamata.

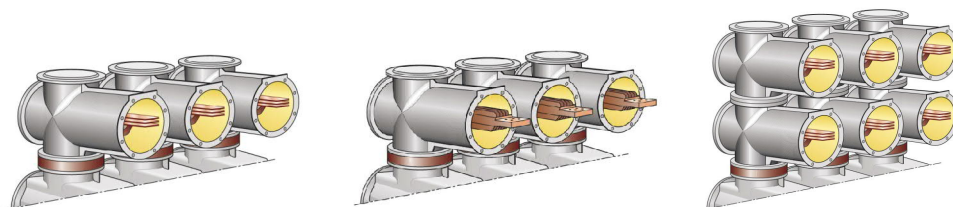


Kolmepositsioonilise lüliti maanduslüliti on suletud ja lahklüliti on avatud. Võimsuslüliti on suletud asendis ja väljund on maandatud.

Joonis 2.2 Jaotusseadme 8DA kolmepositsioonilise lüliti erinevad asendid [6]

Gaasiruumid. Jaotusseadmel 8DA on eraldi kogumislati gaasiruumid ja võimsuslüliti gaasiruum, mis on täidetud elegaasiga. Kõikidel gaasiruumidel on eraldi kontaktmanomeetrid gaasirõhu jälgimiseks. Elegaasi rõhk latistuse gaasiruumides ja võimsuslüliti gaasiruumis on 70 või 120 kPa, mis sõltub nimivoolust ja termilisest normtaluvusvoolust.

Kogumislaticus. Erinevalt jaotusseadme NXPlusC, kus latistus paikneb väljaspool gaasiruumi, on 8DA latid elegaasi keskkonnas. Sõltuvalt amperaažist on kogumislaticuse ehitus erinev. Kuni 4000 A kasutatakse ühekordset latikambri süsteemi, kus erineb vaid vaskjuhi kuju ja ristlõige. Juhul kui tegemist on 5000 A kogumislaticusega, siis lisandub esimese korruse gaasikambritele veel teine. Joonisel 2.3 on esitatud mõningad latistuse lahendused.



Joonis 2.3 Jaotusseadme 8DA kogumislaticus vastavalt 3150 A, 4000 A ja 5000 A [6]

Kaabliühendused. Primaarkaabliühenduste jaoks on 8DA jaotusseadmel paindlik sisekoonuspistikute süsteem. Sõltuvalt kaabliühendusmoodulile on võimalik samaaegselt ühendada mitu erineva suurusega pistikut. Kasutada saab standardseid S2, S3 või S4 suurusega koonuspistikuid.

2.2 Jaotusseadme 8DA paigaldus

Jaotusseadme 8DA paneelid valmistatakse Saksamaal, kust nad toimetatakse sihtkohta veoautodega. Transpordiks on paneelid kinnitatud puitalustele ja kiletatud. Pärast kambrite veokist mahalaadimist puitalused eemaldatakse ja paneelid viiakse jaotlaruumi.

Erinevalt NXPlusC jaotusseadme kambritest on 8DA puhul võimalik tellida juba tehases kokku monteeritud kaheseid, kolmeseid ja neljaseid paneelide mooduleid. See lühendab seadme kokku monteerimisele minevat aega, kuid raskendab moodulite viimist alusraamile oma mõõtmete ja massi tõttu.

Kuna 8DA kambrid on suuremad kui NXPlusC kambrid, siis transpordikärusid kasutada ei saa. Kui tegemist on moodulitega, siis nende liigutamine jaotusseadme hoonesse ja hoones tuleb hoolikalt planeerida. Paneelide või moodulite liigutamiseks võib kasutada seadme all torusid või ümarraudasid.

Kui jaotusseadme NXPlusC puhul liidetakse omavahel esmalt üksikud paneelid ja alles seejärel alustatakse kogumislattide paigaldust, siis 8DA puhul ühendatakse kogumislattistus paneelide liitmise käigus. Taoline paigaldamisviis tuleneb sellest, et erinevalt NXPlusC-st paiknevad 8DA kogumislattid silindrikujulistes gaasiruumides ning lattid tuleb omavahel ühendada juba paneelide kokku lükkamise käigus.

Kogumislattistuse paigaldamisel tuleb jälgida, et jaotlaruum oleks puhas ja samaaegselt ei tehtaks teisi töid, mis võivad tekitada tolmu ja prahti. Sõltumata sellest, kas tegu on üksikute paneelidega või tehase poolt mitmest paneelist kokku monteeritud moodulitega, tuleb esimene paneel või moodul siinidel väga täpselt oma kohale paigaldada. Seejärel paneel fikseeritakse, et see järgmiste paneelide liitmisel paigalt ei nihkuks. Teise paneeli või mooduli liitmiseks jäetakse esialgu esimesega piisav vahe, et oleks mugav teha ettevalmistustöid kogumislattide ühendamiseks. Läbi tuleb mõelda tööprotsess ja valmis panna töövahendid (kangid, tungrauad, käsivintsid vms) teiste paneelide liigutamiseks ja ühendamiseks.

Tehasest tulles on latikambri otsad kaetud spetsiaalse kilekattega, et vältida tolmu ja sodi gaasiruumi sattumist. Lisaks on transpordi ajaks fikseeritud kambri sees olev vasest kogumislatt. Vahepealt enne paneelide liitmist tuleb transporditarvikud eemaldada. Kogumislatti liitepindadelt tuleb eemaldada oksiid ja määrada õhuke kiht määret. Omavahel ühendatavate paneelide gaasikambritel on kokkupuutekohaks flantspinnad, mis ühendatakse kaheksa M8x35 poldiga. Üks flantspind on tasapinnaline ja teine soonega, kuhu asetatakse tihend. Enne tihendi paigaldamist soonde tuleb hoolikalt veenduda tema korrasolekus. Samuti tuleb veenduda, et flantspindadel pole tihendi piirkonnas kriimustusi. Vajadusel saab kriimustused eemaldada peene liivapaberi või lihvvildi abil. Pärast võimalike kriimustuste eemaldamist tuleb nii flantsid kui ka gaasikambri sisemus puhastada. Seejärel määratakse nii tihend, kui ka fotol 2.1 kujutatud flantspinnad spetsiaalse tehasest tarnitud määrdega.



Foto 2.1 Jaotusseadme 8DA flantspinnad

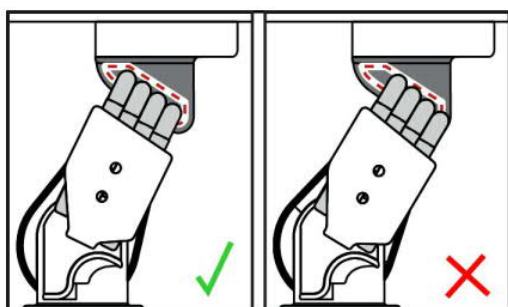
Kui ettevalmistustööd on tehtud, saab järgmise paneeli või mooduli eelnevaga ühendada. Eriti tähelepanelik tuleb olla, kui kogumislatti otsad hakkavad kokku puutuma. Kuna ettevalmistustööde käigus on lattide kinnituspoldid lõdvaks lastud, siis saab neid puutesse minnes käega suunata. Seejärel tuleb jätkata teise paneeli liigutamist esimese poole kuni flantspinnad puutuvad. Vahetult enne tihendi ja tasapinnalise flantsi kokkupuudet tuleb veenduda, et poldiaugud on kohakuti. Vajadusel saab teha veel väikeseid korrekture. Kui flantspinnad on puutes, tuleb gaasikambrite poldid momentvõtmega ristmeetodil pingutada. Lisaks latikambrite ühendamisele ühendatakse omavahel ka kambrite raamid ja vasest maanduslatid, mis paiknevad seadme tagaküljel.

Kui gaasikambrid on omavahel ühendatud, pingutatakse momentvõtmega kogumislattide ühenduspoldid. Selle töö tegemiseks tuleb eemaldada latikambri peal paiknev kaas. Lattide kinnitamiseks kasutatakse M10 polte, mille pikkus ja arv sõltub konkreetsest latist.



Foto 2.2 Jaotusseadme 8DA kogumislattide liitekohad

Kuna kogumislattide ühenduskohas paikneb ka kolmepositsioonilise lüliti vastuvõttev kontakt, tuleb see pärast lattide liitmist üle kontrollida ja vajadusel reguleerida. Reguleerimiseks on latikambri kõrval lüliti liigutav hoovastik, mis liigub, kui kolmepositsioonilist lüliti juhtida paneeli esiküljel olevast käsitsi juhtimise avast. Läbi latikambri kaane tuleb kontrollida kontaktide korrektset hambumist. Korrektne asend on kujutatud joonisel 2.1. Kui kontaktide asetus on kontrollitud, tehakse läbi sama kaane gaasiruumi lõplik puhastus.



Joonis 2.1 Kolmepositsioonilise lüliti vastuvõtva kontakti asend

Pärast kolmepositsiooniliste lülite kontrollimist ja reguleerimist ning gaasiruumi lõplikku puhastamist saab alustada filtrite paigaldamisega. Filtrid on ette nähtud niiskuse absorbeerimiseks gaasiruumist ning nende kogus ja suurus sõltub gaasiruumi mahust. Filtrid tarnitakse õhutihedates fooliumpakendites, kus on niiskusindikaator. Kui pakend avatakse, on filtrite paigaldamiseks aega maksimaalselt 30 minutit. Pärast latikambri kaante kinnitamist, kuhu on paigaldatud ka filter fotol 2.3 näidatud viisil, tuleb koheselt alustada gaasiruumi vakumeerimist vähemalt rõhuni 2 kPa. Vakumeerimise kestvus sõltub gaasiruumi suuruselt ja vaakumpumba jõudlusest.

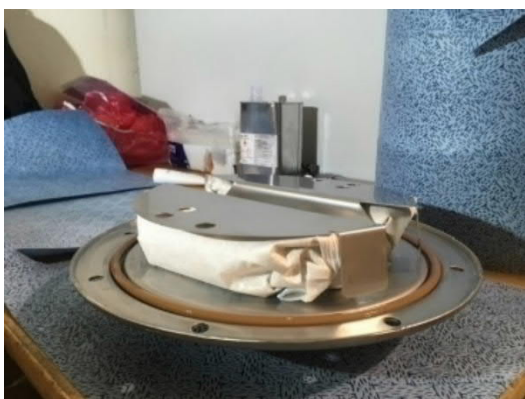
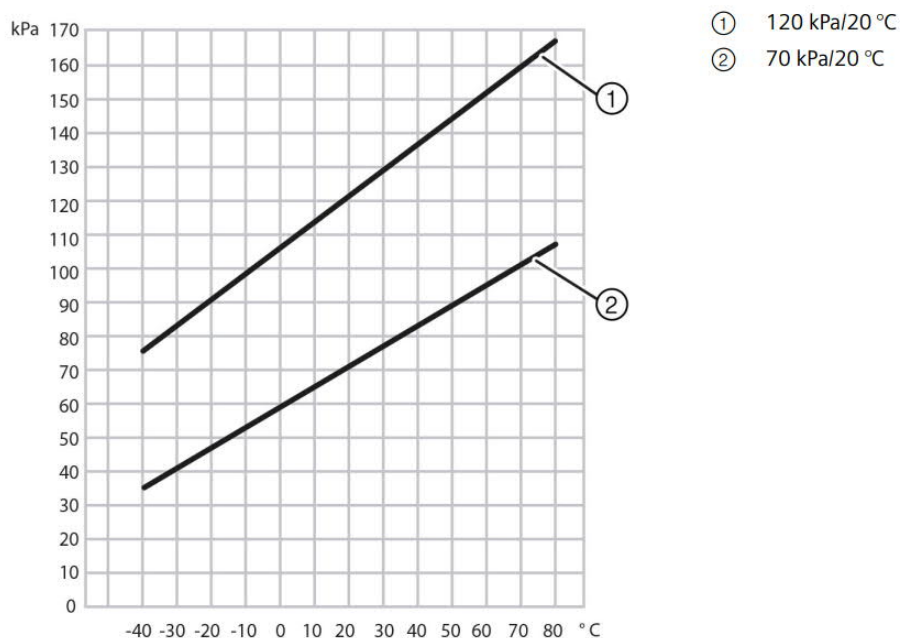


Foto 2.3 Jaotusseadme 8DA filter hoidikus

Pärast vakumeerimist saab kogumislattide kambrid täita elegaasiga. Sõltuvalt latistuse amperaažist on SF₆ töö rõhk 70 või 120 kPa/rel 20 °C. Juhul kui keskkonna temperatuur gaasiga täitmise ajal erineb 20 kraadist, tuleb arvestada gaasitäitegraafikuga joonisel 2.2.



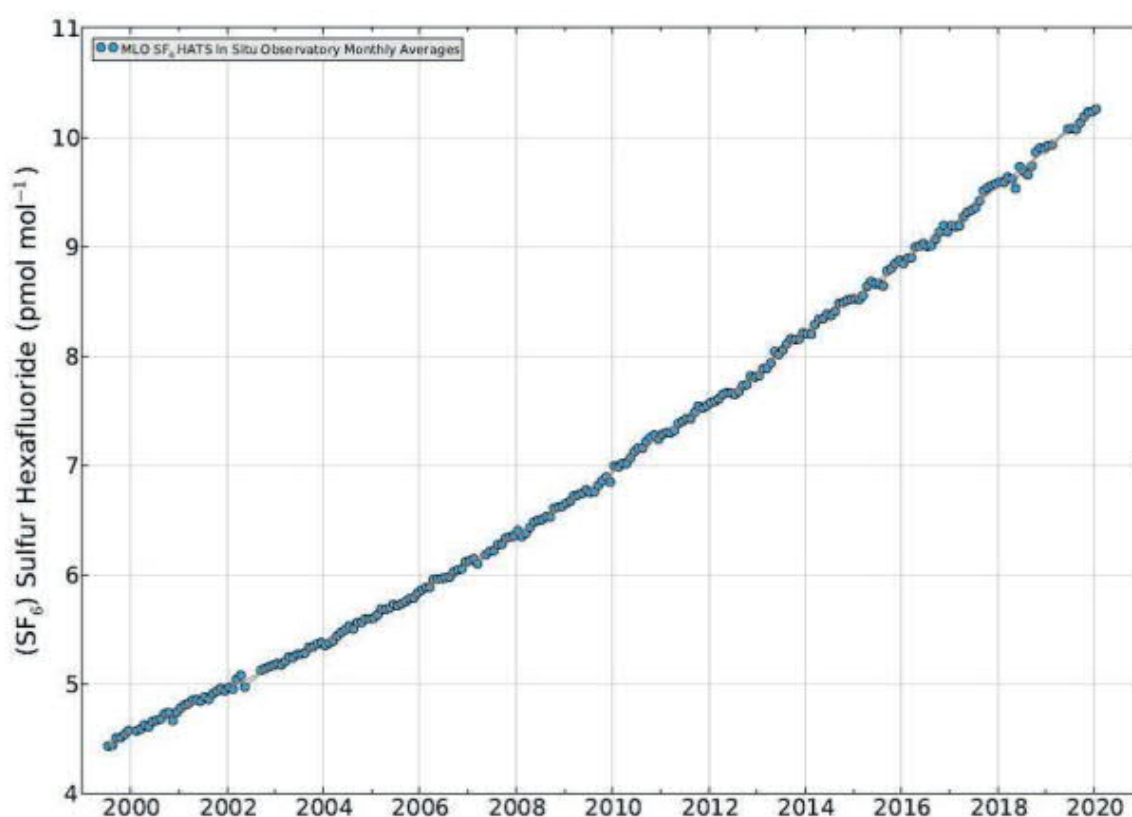
Joonis 2.2 SF₆ täitegraafik sõltuvalt temperatuurist [8]

Gaasiga täitmise järel kontrollitakse kõik kohapeal tehtud gaasiruumide ühendused lekkeotsijaga. 24 tundi pärast filtrite paigaldust tuleb mõõta gaasi kastepunkti ja õhu sisaldust elegaasis. Kastepunkti maksimaalne väärtus on -15 °C ja elegaasi puhtus peab olema vähemalt 95 %.

3 ELEGAAS JA ALTERNATIIVGAASID

Nii jaotusseadme NXPlusC kui 8DA puhul kasutatakse erineva potentsiaaliga elektrijuhtide vahel isoleeriva gaasina elegaasi (SF_6), millel on väga head dielektrilised ja elektrikaart kustumavad omadused. Puhas SF_6 on lõhnatu, värvitu, keemiliselt neutraalne, õhust ligikaudu viis korda raskem gaas. 1 bar rõhuga elegaasi elektriline läbilöögitugevus homogeenses elektriväljas 50 Hz sagedusega pingekorral on umbes 2,5-3 korda suurem kui õhul. Rõhu tõustes suureneb see veelgi. Näiteks 5 bar rõhu juures on läbilöögitugevus juba 8-9 korda suurem. Kui õhu läbilöögitugevus suureneb hüppeliselt juba väikese koguse SF_6 lisamisel, siis õhu mõju elegaasi läbilöögitugevusele on suhteliselt väike [9].

Elegaasi transporditakse rõhu all veeldatult balloonides. Gaasitöödeks kasutatakse spetsiaalseid SF_6 käitlusseadmeid, mis koosnevad tavaliselt vaakumpumbast (õhuga täidetud gaasiruumi vakumeerimiseks), kompressorseadmest (elegaasi pumpamiseks gaasiruumist ballooni) ja redukoriga täiteseadmest (gaasiruumi täitmiseks balloonist).



Joonis 3.1 SF_6 osakaal atmosfääris aastatel 2000-2020 [9]

Joonis 3.1 kujutab elegaasi hulga suurenemist atmosfääris aastatel 2000-2020. Kuigi elegaas on väga hea elektriliselt isoleeriv ja elektrikaart kustutav gaas, siis teadaolevalt on tegemist kõige tugevama mõjuga kasvuhoonegaasiga. Tema GWP väärtus (ingl k *Global Warming Potential*) on 22 800 korda suurem kui süsihappegaasil. See tähendab, et 1 kg atmosfääri lastud elegaasi on sama ohtlik kui 22 800 kg süsihappegaasi. Hoolimata sellest, et Kyoto protokolliga, mis allkirjastati aastal 1997 ja mis jõustus aastast 2005, kohustuti vähendama kasvuhoonegaaside emissiooni atmosfääri, suureneb elegaasi hulk seal endiselt.

Seoses eeltooduga on viimastel aastatel elegaasile aktiivselt asendust otsitud ning turule on toodud alternatiivgaasidega elektriseadmed. Siemens kasutab Blue seeria seadmetes sünteetilist õhku ("Clean Air", "Dry Air"), mis on segu 20 % hapnikust ja 80 % lämmastikust. Selle segu GWP on 0. Firma 3M toodab kaubamärgi Novec all alternatiivgaasi 3M Novec 4710, mille keemiline valem on C_4F_7N . Seda gaasi segatuna hapniku ja süsihappegaasiga kasutab firma General Electric nimetuse all g^3 . Selle segu GWP on väiksem kui 760. Teine firma 3M poolt toodetud alternatiivgaas on 3M Novec 5110, mille keemiline valem on $C_5F_{10}O$. Seda gaasi segatuna hapniku ja süsihappegaasiga kasutab firma ABB nimetuse all AirPlus ning selle segu GWP on väiksem kui 1 [9].

4 KESKPINGE JAOTUSSEADMETE NXPLUSC JA 8DA PAIGALDAMISE VÕRDLU

Järgnev peatükk on kirjutatud Siemensi jaotusseadmete paigaldusspetsialistiga 12. veebruaril 2021 läbi viidud intervjuu põhjal. Jaotusseadmete NXPlusC ja 8DA paigaldamise võrdlemiseks on aluseks võetud näidisülesanne, kus hinnatakse kümne NXPlusC ja 8DA paneeli paigaldamist.

Jaotusseadme NXPlusC paigaldamiseks vajalike mehhanismide, vahendite ja tööriistade nimekiri:

1. Kraana või frontaallaadur aluste veoautost mahatõstmiseks ja jaotlahoonesse viimiseks
2. Erinevad tõstetripid, tõstevardad ja kangid
3. Transpordikäru, pumpkäru, rullikud või torud
4. A-redel
5. Vesilood
6. Momentvõti ja kuuskantpadrunid
7. Narrevõti pikendustega
8. Lehtsilmusvõtmed
9. Väliskuuskantvõti momentvõtmele
10. Akutrell erinevate otsikutega
11. Metallipuuride komplekt
12. Kruvikeerajad
13. Lõiketangid
14. Pealamp
15. Kaablikingapressid
16. Mõõdulint
17. Tolmuimeja
18. Ebemevaba puhastuspaber
19. Keskmise abrasiivsusega lihv-vill
20. Montaažipasta
21. Kaablivitsad
22. Puhastusvahend (puhastusbensiin või tehniline piiritus)

Jaotusseadme 8DA paigaldamiseks on lisaks vajalikud järgmised tööriistad ja vahendid:

1. Tõstetraavers
2. Tungraud ja käsivints
3. Liivapaber

4. Teleskoopvarrega peegel
5. Vaakumpump ja elegaasi täiteseade, analüsaator, lekkeotsija

Nii jaotusseadme NXPlusC kui 8DA paigaldamiseks on vajalik vähemalt ühe sertifitseeritud töötaja kohalolu. Sertifikaadi saamiseks tuleb Siemensi tehases läbida vastava jaotusseadme paigaldamise koolitus. Jaotusseadme 8DA paigaldamise sertifikaadi saamiseks tuleb lisaks koolitusele läbida ka praktiline väljaõpe kogunud paigaldaja järevalve all. Kuna 8DA paigaldamisel tuleb teha ka elegaasitöid, siis on lisaks vajalik gaasitööde sertifikaadi olemasolu.

Kuigi 8DA paigaldus on tehniliselt keerukam kui NXPlusC paigaldus, siis selleks vajalik tööjõud on sarnane. Suurimat ressursi nõuab kambrite veoautost mahalaadimine ja hoonesse viimine. Jaotusseadmete NXPlusC ja 8DA efektiivseks paigaldamiseks on vaja 4-5 töötajat ja tõstemehhanismi juhti. Kui kambrid on juba jaotlaruumis alusraamile paigutatud, siis on optimaalne üks sertifitseeritud töötaja ja kaks abitöölist.

Kuna jaotusseadme NXPlusC paneele on erineva laiusega, siis mõjutab see paigaldamise kiirust. Tulenevalt massist ja mõõtmetest on lihtsaim 450 mm laiuse ja kõige keerulisem 900 mm laiuse paneeli paigaldamine. Antud näites võetakse aluseks 600 mm paneelid.

Lisaks mõjutab jaotusseadme NXPlusC montaažile kuluvat aega kogumislattistuse amperaaž. Alates 1600 A tuleb kasutada topeltlattistusega jaotusseadet, mis pikendab lattistuse paigaldamisele minevat aega ligikaudu kahekordselt. Antud näites paigaldatakse 2000 A nimivoolga kahekordne kogumislattistus.

Jaotusseadme 8DA puhul on oluline, kas see tarnitakse üksikute paneelidena või tehase poolt kokku monteeritud moodulitena. Üksikute paneelide mahalaadimine ja transport hoonesse on lihtsam kui 2-4 paneelist koosnevate moodulite puhul. Seevastu hilisem aeg, mis kulub paneelide omavahelisele ühendamisele, on jällegi palju pikem. Näiteks kümne eraldiseisva paneeli puhul tuleb teha üheksa paneelidevahelist liitmist. Kui tegemist on kahe neljast paneelist koosneva ja ühe kahest paneelist koosneva mooduliga, siis tuleb teha kõigest kaks paneelidevahelist liitmist. Antud näites paigaldatakse 10 paneeli, mis on tehase poolt monteeritud kahesteks mooduliteks.

Jaotusseadme 8DA kogumislattistuse nimivooluks valitakse näites 2000 A. Kuigi ka 8DA lattistus sõltub amperaažist, siis antud juhul see nii suurt tähtsust ei oma. Jaotusseadme 8DA puhul kasutatakse kahekordset lattistust juhul, kui lattistuse nimivool on 5000 A. Madalamate nimivoolude korral muutub vaid kogumislatti ehitus ja ristlõige.

Oluline tähtsus on jaotlahoone ehitusel. Märkatavalt lihtsamaks teeb jaotusseadme 8DA moodulite jaotlahoonesse viimise katuse eemaldamise võimalus, mis on võimalik näiteks transporditavate moodulalajaamade puhul. Kui kambrid tuleb platvormilt ruumi viia rullikute ja torude abil, siis on see aeganõudvam. Näites arvestatakse, et 8DA paneelid viiakse jaotlaruumi ukse kaudu.

Tööpäeva pikkuseks loetakse näites 8 h. Arvesse ei võeta objekti eripärasid, mis võivad reaalses töölukordades paigaldustöid lühendada või pikendada.

Tabel 4.1 Jaotusseadmete NXPlusC ja 8DA paigaldamise graafik

| Päev | NXPlusC | 8DA |
|------|--|---|
| 1. | Paneelide ja tarvikukastide mahalaadimine ja jaotlahoonesse viimine. Esmane materjalide kontroll. Paneelide õiges järjekorras alusraamile paigutamine. | Moodulite ja tarvikukastide mahalaadimine ja jaotlahoonesse viimine. Esmane materjalide kontroll. Moodulite õiges järjekorras alusraamile paigutamine. |
| 2. | Paneelide omavaheline mehaaniline liitmine. | Moodulite jaotlahoonesse viimine ja õiges järjekorras alusraamile paigutamine. |
| 3. | Jaotlaruumi puhastamine prahist ja tolmust. Kogumislattide puhastamine lihvvildiga. Latimoodulite ettevalmistamine ja kogumislattistuse montaaži alustamine. | Jaotlaruumi puhastamine prahist ja tolmust. Esimese mooduli täpne siinidele paigutamine ja kinnitamine. Ettevalmistused esimeseks moodulitevaheliseks ühenduseks ja selle tegemine. |
| 4. | Kogumislattide paigalduse lõpetamine. | Ülejäänud moodulitevaheliste ühenduste tegemine. |
| 5. | Latistuse otsakorkide paigaldus. Latikambri puhastamine ja luukide montaaž. Maanduslati ühendamine. | Kogumislattistuse ühendamine ja kolmepositsiooniliste lülite reguleerimine. Latikambrite puhastus. |
| 6. | Kambrite kinnitamine alusraamile. Sekundaarikappide ühenduskaablite paigaldus. Käsitsi kontroll-lülised ja mehaaniliste blokeeringute testimine. | Filtrite paigaldamine ja gaasiruumide vakumeerimine ning gaasiga täitmine. |
| 7. | | Moodulite kinnitamine alusraamile. Maanduslattide ühendamine. Sekundaarikappide ühenduskaablite paigaldus. Käsitsi kontroll-lülised ja mehaaniliste blokeeringute testimine. |
| 8. | | Gaasilekete kontroll ja gaasianalüüsid. |

Tabeli 4.1 põhjal võib järeldada, et jaotusseadme 8DA paigaldamine on keerulisem ja ajakulukam. Võrreldes jaotusseadme NXPlusC paigaldamisega võtab 8DA puhul rohkem aega moodulite jaotlaruumi viimine ja elegaasitööd, mida NXPlusC paigaldamisel ei tehta. Juhul kui 8DA paneelid tarnitakse ühekaupa, pikeneb paigaldamisele kuluv aeg veelgi.

5 KESKPINGE JAOTUSSEADMED NXPLUSC JA 8DA EESTI JAOTUSVÕRGUS

Elektrivõrku määratletakse kui rajatiste ja seadmete kogumit elektrienergia ülekandmiseks ja jaotamiseks. Nimipinge alusel liigitatakse võrke madal-, kesk-, kõrge- ja ülikõrgepingevõrkudeks. Eestis on nimipinged 0,4; 6; 10; 15; 20; 35; 110; 220 ja 330 kV. Otstarbe järgi liigitatakse võrke süsteemi-, ülekande- ja jaotusvõrkudeks. Süsteemivõrkude all mõeldakse tähtsamaid ülikõrgepingevõrke, mis ühendavad elektrisüsteeme ja suuri elektrijaamu. Ülekandevõrkude ülesanne on suurte elektrienergia koguste transport elektrijaamadest tarbimispiirkonna suurtesse alajaamadesse. Jaotusvõrkude ülesanne on jaotada ning edastada elektrienergiat tarbimispiirkonnas tarbijaile. Jaotusvõrke liigitatakse tarbijate järgi tööstus-, linna- ja maavõrkudeks [2].

Jaotusvõrguettevõtteid on Eestis üle 30. Kõige suurem neist on Elektrilevi OÜ, kellele kuulub põhiline osa Eesti keskpinge võrgust. Elektrilevi OÜ hallata on umbes 60 000 km elektriliine ja 24 000 alajaama üle Eesti [10].

Jaotusseadme valiku aluseks on erinevad parameetrid. Tabelis 5.1 on esitatud valik Elektrilevi OÜ nõudeid keskpinge jaotusseadmetele.

Tabel 5.1 Elektrilevi OÜ nõuded keskpinge jaotusseadmetele [11]

| | |
|--|----------------------|
| Nimipinge, kV | 24 |
| Faaside arv | 3 |
| Nimisagedus, Hz | 50 |
| Normitud välguimpulsstaluvuspinge, kV | 125 |
| Termiline normtaluvusvool (1 s), kA | 16 |
| Tööpinge (pingeindikaatorid, liigpingepiirid, mõõtetrafod), kV | 6,3; 10,5; 15,75; 21 |

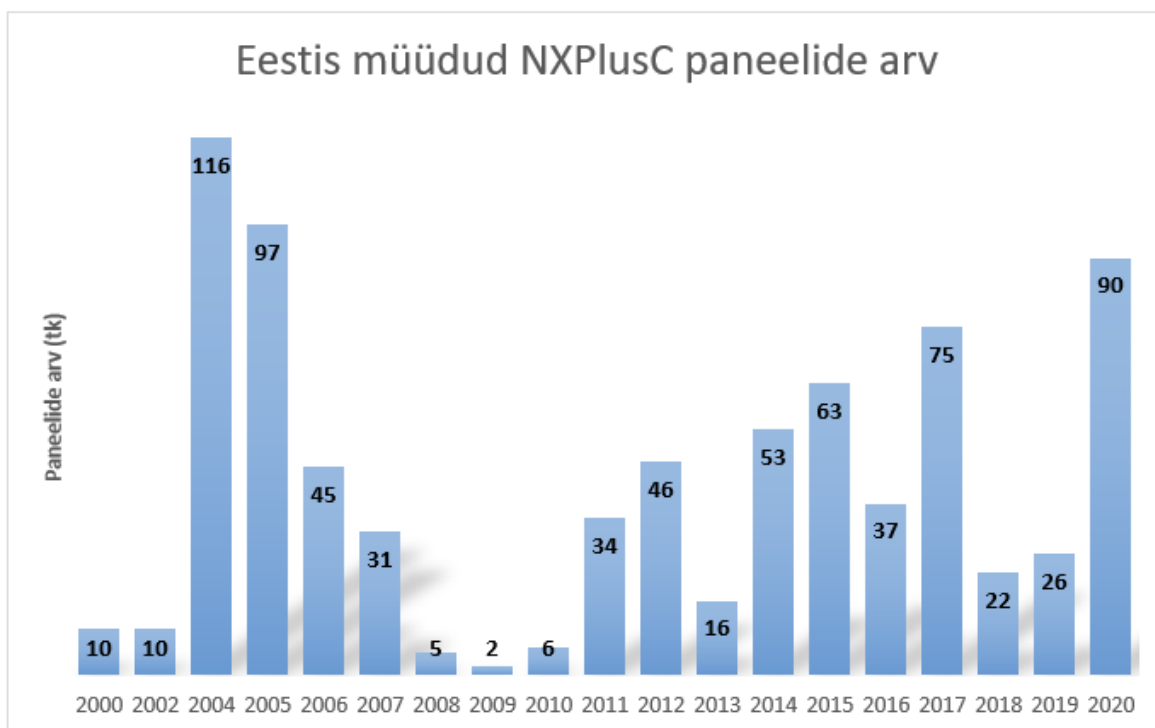
Teinekord võivad jaotusseadme valikul määravaks saada paneelide mõõtmed. Jaotusseadme NXPlusC laiused on 450, 600 ja 900 mm, sügavus 1225 mm ja standardkõrgus 2250 mm. Jaotusseadme 8DA paneeli laius on 600 mm, sügavus 1625 mm ja standardkõrgus 2350 mm. Teatud juhtudel, näiteks vanadesse kitsastesse alajaama hoonetesse kambrite paigaldamisel, võib 8DA paneeli suurem sügavus

takistuseks olla. Üldjuhul paigaldatakse jaotusseadmed uutesse hoonetesse, mis projekteeritakse vastavalt kambrite mõõtudele.

Oluline on ka erilahenduste võimalus. Näiteks jaotusseadme ühendamine elegaasitaiteliste kogumislatisüsteemidega või mitmete eri ristlõikega väljundkaablite üheaegne sobivus, mis on võimalik vaid jaotusseadme 8DA puhul. Lisaks tehnilistele parameetritele on tihti peale määravaks ka hind.

Keskpinge jaotusseadet NXPlusC on paigaldatud paljudesse Eesti piirkonnaalajaamadesse ja väiksematesse alajaamadesse. Järgnev tabel 5.2 annab ülevaate aastatel 2000-2020 Eestis müüdud jaotusseadme NXPlusC paneelidest.

Tabel 5.2 Aastatel 2000-2020 Eestisse tarnitud jaotusseadme NXPlusC paneelid [12]



Ülaltoodud tabeli 5.2 põhjal võib öelda, et NXPlusC jaotusseade on Eestis üsna laialt levinud. Kuigi ülemaailmselt on jaotusseade 8DA peaaegu sama palju kasutusel kui NXPlusC, siis Eestis on 8DA paigaldatud vaid Enefit 280 õlitehasesse. Jaotusseade 8DA osutus valituks generaatori võimsuslülitile esitatud erinõuete pärast.

Võrreldes keskpinge jaotusseadmete NXPlusC ja 8DA tehnilisi parameetreid võib järeldada järgnevat:

- Kuni pingeklassini 24 kV on jaotusseadme NXPlusC kogumislatisuse maksimaalne nimivool 2500 A. Kõrgemate pingeklasside puhul on maksimaalne latisuse nimivool 1250 A. Jaotusseadmel 8DA on maksimaalne latisuse nimivool 5000 A kõikide pingeklasside korral.
- Kuni pingeklassini 24 kV on jaotusseadmel NXPlusC fiidri maksimaalne nimivool 2500 A. Kõrgemate pingeklasside puhul on maksimaalne fiidri nimivool 1250 A. Jaotusseadme 8DA maksimaalne fiidri nimivool on 3000 A kõikide pingeklasside korral.
- Jaotusseadme NXPlusC termiline normtaluvusvool (3 s) pingeklassini 17,5 kV on 31,5 kA. Nimetatust edasi kuni pingeklassini 36 kV on termiline normtaluvusvool 25 kA. Jaotusseadme 8DA puhul on termiline normtaluvusvool 40 kA sõltumata pingeklassist.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et jaotusseadmel 8DA ei ole eeliseid Eesti jaotusvõrkudes laialdaselt levinud NXPlusC ees.

KOKKUVÕTE

Käesolevas bakalaureusetöös uuriti kahte Siemensi keskpinge jaotusseadet NXPlusC ja 8DA. Kuna mõlemad jaotusseadmed on mõeldud keskpingele, siis oli töö eesmärk neid võrrelda ning leida eeliseid ja puuduseid nende kasutamisel Eesti elektrivõrgus.

Lõputöö koostamisel tugineti Siemensi seadmete paigaldusjuhenditele, autori ja tema kolleegide jaotusseadmete paigalduskogemusele ning erialasele kirjandusele.

Lõputöö esimeses peatükis anti ülevaade keskpinge jaotusseadmest NXPlusC. Peatükis kirjeldati täpsemalt seadme ehitust, komponente ning paigaldamist.

Teises peatükis kirjeldati keskpinge jaotusseadet 8DA. Peatükis anti kokkuvõtlik ülevaade seadme ehitusest, komponentidest ja paigaldamisest.

Kolmas peatükk tutvustas elegaasi ja selle tänapäevaseid alternatiive. Peatükk andis ülevaate elegaasist, selle omadustest ja mõjust keskkonnale.

Neljandas peatükis võrreldi jaotusseadmete NXPlusC ja 8DA paigaldamist. Peatükk kirjeldas kahe seadme montaažitöid ja selle eripärasid.

Lõputöö viiendas peatükis anti ülevaade Eesti elektrivõrgust ning hetkel kasutuses olevatest NXPlusC ja 8DA jaotusseadmetest. Viimases peatükis tuuakse välja bakalaureusetöös käsitletud keskpinge jaotusseadmete peamised sarnasused ja erinevused ning soovitused kasutamiseks.

Bakalaureusetöö tulemusena tegi autor järelduse, et Eesti elektrivõrgu vajadused rahuldab jaotusseade NXPlusC. Kuigi NXPlusC ja 8DA nimipinged on sarnased, siis märgatav erinevus tekib nimivooludes, mis võib saada määravaks jaotusseadme valikul. Jaotusseadet 8DA võivad eelistada tööstusettevõtted, kus on kasutusel seadmed, mis on pidevalt ühtlaselt koormatud. Sel juhul võib olla vajalik suur kogumislatisuse ja üksikute fiidrite nimivool.

NXPlusC eelisteks võib pidada selle kompaktsust ja paigaldamise lihtsust. Erinevalt 8DA-st ei tule teha gaasitöid, mis nõuavad gaasitöödelitsentsi ning spetsiaalseid töövahendeid. Kahe jaotusseadme sarnasustena võib välja tuua nii kahekordse kui kaheüsteemse kogumislatisuse võimaluse ja keskkonnasõbralikuma seadme saadavuse, kus elegaasi asemel kasutatakse sünteetilist õhku.

Kuna jaotusseadmeid on erinevate konfiguratsioonidega ja turule on toodud keskkonnasäästlikumaid versioone, siis saaks teemat uurida veelgi detailsemalt ning loodussäästlikuse vaatepunktist.

SUMMARY

In this bachelor's thesis, two Siemens medium voltage switchgears NXPlusC and 8DA were studied. As both switchgears are intended for medium voltage, the aim of the work was to compare them and find the advantages and disadvantages of using them in the Estonian distribution network.

The thesis was compiled on the basis of Siemens equipment installation instructions, the author's and colleagues' switchgears installation experience and professional literature.

The first chapter of the dissertation gave an overview of the medium voltage switchgear NXPlusC. The chapter described in more detail the construction, components and installation of the device.

The second chapter described the medium voltage switchgear 8DA. The chapter provides a brief overview of the device's construction, components and installation.

The third chapter introduced SF₆ and its modern alternatives. The chapter gave an overview of gas, its properties and impact on the environment.

The fourth chapter compared the installation of NXPlusC and 8DA switchgears. The chapter described the assembly work of the two devices and its features.

The fifth chapter of the dissertation gave an overview of the Estonian electricity network and the NXPlusC and 8DA switchgears currently in use.

The last chapter outlines the main similarities and differences between the medium voltage switchgears discussed in the bachelor's thesis and recommendations for their use.

As a result of the bachelor's thesis, the author concluded that the NXPlusC switchgear satisfies the needs of the Estonian edistribution network. Although the rated voltages of the NXPlusC and 8DA are similar, there is a significant difference in the rated currents, which can become decisive in the choice of switchgear. The 8DA switchgear may be preferred by industrial plants with equipment that is constantly evenly loaded. In this case, a high nominal current in busbar and individual feeders may be required.

The advantages of NXPlusC are its compactness and ease of installation. Unlike the 8DA, SF₆ work is not needed, which requires a gas work license and special tools. The similarities between the two switchgears are the possibility of single and double busbar system and the availability of a more environmentally friendly device where synthetic air is used instead of gas.

As both switchgears have different configurations and more environment friendly versions, the issue could be studied in more detail and from the point of view of environmental sustainability.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. M. Meldorf, H. Tammoja, Ü. Treufeldt, J. Kilter, Jaotusvõrgud, Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli kirjastus, 2007.
2. M. Meldorf, T. Tikk, Elektrivõrgu operatiivjuhtimissüsteem, Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli kirjastus, 2001.
3. Siemens AG, *Gas-insulated medium-voltage switchgear NXPLUS C – The Multi-Tool*, 2021, [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://new.siemens.com/global/en/products/energy/medium-voltage/systems/nxplusc.html> [Kasutatud: 14.01.2021]
4. *Medium-Voltage Switchgear, Fixed-mounted circuit-breaker switchgear Type NXPLUS C up to 38 kV, Extendable*, Installation and operating instructions, revision 02, Siemens AG, Frankfurt, 2018.
5. *Medium-Voltage Switchgear, Type NXPLUS C Fixed-Mounted Circuit-Breaker Switchgear up to 24 kV, Extendable*, Installation and operating instructions, revision 11, Siemens AG, Frankfurt, 2018.
6. *Medium-Voltage Switchgear, Type 8DA10 Extendable Fixed-Mounted Circuit-Breaker Switchgear up to 40.5 kV, with Camera System*, Installation and operating instructions, revision 14, Siemens AG, Frankfurt, 2019.
7. Siemens AG, *Gas-insulated medium-voltage switchgear 8DA/B – The Modular Power Pack*, 2021, [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://new.siemens.com/global/en/products/energy/medium-voltage/systems/8dadab.html> [Kasutatud: 11.02.2021]
8. *Medium-Voltage Switchgear, Type 8DA10 Extendable Fixed-Mounted Circuit-Breaker Switchgear up to 40.5 kV, with Camera System*, Installation and operating instructions, revision 08, Siemens AG, Frankfurt, 2017.
9. S. Glomb, M. Göppel, P. Pilzecker, „*Alternative Gases*” and *Gas Mixtures, Part 1*. Dilo Armaturen und Anlagen GmbH.
10. Elektrilevi OÜ, *Ettevõtte tutvustus*, [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.elektrilevi.ee/et/ettevottest/elektrilevi-tutvustus> [Kasutatud: 05.04.2021]
11. A. Tarkmees, „J3167 Nõuded KP/MP alajaamade ja jaotuspunktide keskpinge jaotusseadmetele,” Elektrilevi OÜ kvaliteedikäsiraamat, 2021.

12. Siemens AG, *References-Customerletters*, [Võrgumaterjal]. Saadaval:
<https://wse02.siemens.com/content/P0005028/nxplus/SitePages/References-Customerletters.aspx> [Kasutatud: 02.02.2021]